

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. Februar 2005 (17.02.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/014979 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F01D 11/12**

SMARSLY, Wilfried [DE/DE]; Rablstrasse 16, 81669 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/001683

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Juli 2004 (28.07.2004)

(74) Anwälte: SÖLLNER, Oliver usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM - C106, 70546 Stuttgart (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 37 094.3 12. August 2003 (12.08.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): MTU AERO ENGINES GMBH [DE/DE]; Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

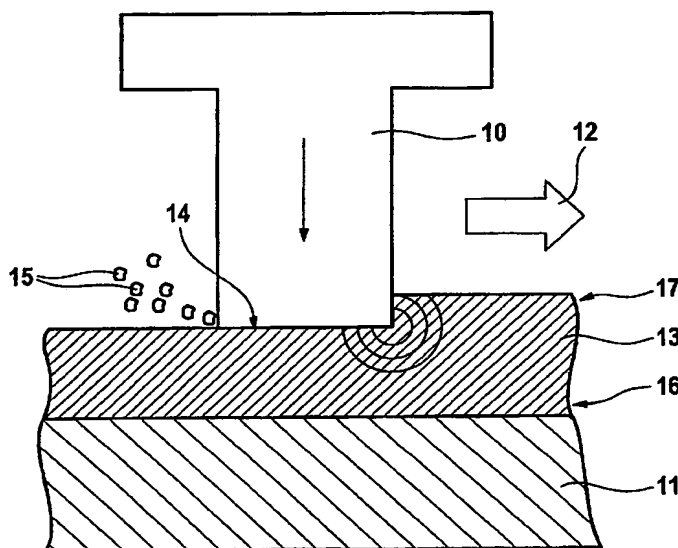
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BAYER, Erwin [DE/DE]; Ostenstrasse 36, 85221 Dachau (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: RUN-IN COATING FOR GAS TURBINES COMPOSED OF A TITANIUM-ALUMINIUM MATERIAL

(54) Bezeichnung: AUS EINEM TITAN-ALUMINIUM-WERKSTOFF HERGESTELLTEN EINLAUFBELAG FÜR GASTURBINEN



(57) Abstract: The invention relates to a run-in coating for gas turbines. The coating seals a radial gap between the gas turbine housing (11) and rotating impeller blades (10) of said turbine, said run-in coating (13) being applied to the housing. According to the invention, the run-in coating (13) is composed of an intermetallic titanium-aluminium material and can have a scaled or graduated material composition and/or porosity. Methods for producing said run-in coating include e.g. slip casting, physical vapour deposition (PVD) and chemical vapour deposition (CVD).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/014979 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Einlaufbelag für Gasturbinen. Der Einlaufbelag dient der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (11) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (10) derselben, wobei der Einlaufbelag (13) auf dem Gehäuse angebracht ist. Erfindungsgemäß ist der Einlaufbelag (13) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellt. Der Einlaufbelag kann über eine abgestufte oder gradierte Materialzusammensetzung und/oder Porosität verfügen. Die Verfahren zur Herstellung des Einlaufbelags umfassen z.B. die Schlickertechnik die Physical Vapor Deposition (PVD) Technik und die Chemical Vapor Deposition (CVD) Technik.

Einlaufbelag für Gasturbinen sowie Verfahren zur Herstellung desselben

Die Erfindung betrifft einen Einlaufbelag für Gasturbinen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9.

Gasturbinen, wie zum Beispiel Flugtriebwerke, umfassen in der Regel mehrere rotierende Laufschaufeln sowie mehrere feststehende Leitschaufeln, wobei die Laufschaufeln zusammen mit einem Rotor rotieren und wobei die Laufschaufeln sowie die Leitschaufeln von einem feststehenden Gehäuse der Gasturbine umschlossen sind. Zur Leistungssteigerung eines Flugtriebwerks ist es von Bedeutung, alle Komponenten und Subsysteme zu optimieren. Hierzu zählen auch die sogenannten Dichtsysteme in Flugtriebwerken. Besonders problematisch ist bei Flugtriebwerken die Einhaltung eines minimalen Spalts zwischen den rotierenden Laufschaufeln und dem feststehenden Gehäuse eines Hochdruckverdichters. Bei Hochdruckverdichtern treten nämlich die größten absoluten Temperaturen sowie Temperaturengradienten auf, was die Spalthaltung der rotierenden Laufschaufeln zum feststehenden Gehäuse des Verdichters erschwert. Dies liegt unter anderem auch darin begründet, dass bei Verdichterlaufschaufeln auf Deckbänder, wie sie bei Turbinen verwendet werden, verzichtet wird.

Wie bereits erwähnt, verfügen Laufschaufeln im Verdichter über kein Deckband. Daher sind Enden bzw. Spitzen der rotierenden Laufschaufeln beim sogenannten Anstreifen in das feststehende Gehäuse einem direkten Reibkontakt mit dem Gehäuse ausgesetzt. Ein solches Anstreifen der Spitzen der Laufschaufeln in das Gehäuse wird bei Einstellung eines minimalen Radialspalts durch Fertigungstoleranzen hervorgerufen. Da durch den Reibkontakt der Spitzen der rotierenden Laufschaufeln an denselben Material abgetragen wird, kann sich über den gesamten Umfang von Gehäuse und Rotor eine unerwünschte Spaltvergrößerung einstellen. Um dies zu vermeiden ist es aus dem Stand der Technik bereits bekannt, die Enden bzw. Spitzen der rotierenden Laufschaufeln mit einem harten Belag oder mit abrasiven Partikeln zu panzern.

Eine andere Möglichkeit, den Verschleiß an den Spitzen der rotierenden Laufschaufeln zu vermeiden und für eine optimierte Abdichtung zwischen den Enden bzw. Spitzen der rotierenden Laufschaufeln und dem feststehenden Gehäuse zu sorgen, besteht in der Beschichtung des Gehäuses mit einem sogenannten Einlaufbelag. Bei einem Materialabtrag an einem Einlaufbelag wird der Radialspalt nicht über den gesamten Umfang vergrößert, sondern in der Regel nur sichelförmig. Hierdurch wird ein Leistungsabfall des Triebwerks vermieden. Gehäuse mit einem Einlaufbelag sind aus dem Stand der Technik bekannt.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, einen neuartigen Einlaufbelag für Gasturbinen zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass der Eingangs genannte Einlaufbelag durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Der erfindungsgemäße Einlaufbelag für Gasturbinen dient der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem feststehenden Gehäuse der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln derselben. Der Einlaufbelag ist an dem Gehäuse angebracht. Erfindungsgemäß ist der Einlaufbelag aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellt.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung verfügt der Einlaufbelag aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff über eine abgestufte oder gradierte Materialzusammensetzung und/oder Porosität. Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung bei welcher der Einlaufbelag in einem inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse liegenden Bereich und an einem äußeren, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln liegenden Bereich weniger porös ausgebildet ist als zwischen diesen beiden Bereichen. Der Einlaufbelag ist an dem inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse liegenden Bereich und an dem äußeren, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln liegenden Bereich demnach dichter und härter ausgebildet. Der innere, unmittelbar benachbart zum Gehäuse liegende Bereich dient dabei der Haftvermittlung; der äußere, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln liegende Bereich dient der Bereitstellung eines Erosionsschutzes.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags ist im unabhängigen Patentanspruch 9 definiert.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: eine stark schematisierte Darstellung einer Laufschaufel einer Gasturbine zusammen mit einem Gehäuse der Gasturbine und mit einem auf dem Gehäuse angeordneten Einlaufbelag.

Fig. 1 zeigt stark schematisiert eine rotierende Laufschaufel 10 einer Gasturbine, die gegenüber einem feststehenden Gehäuse 11 in Richtung des Pfeils 12 rotiert. Auf dem Gehäuse 11 ist ein Einlaufbelag 13 angeordnet. Der Einlaufbelag 13 dient der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einer Spitze bzw. einem Ende 14 der rotierenden Laufschaufel 10 und dem feststehenden Gehäuse 11. Die Anforderungen, die an einen solchen Einlaufbelag gestellt werden, sind sehr komplex. So muss der Einlaufbelag ein optimiertes Abriebverhalten aufweisen, d.h. es muss eine gute Spannbildung und Entfernbarekeit des Abriebs gewährleistet sein. Weiterhin darf kein Materialübertrag auf die rotierenden Laufschaufeln 10 erfolgen. Der Einlaufbelag 13 muss des weiteren einen niedrigen Reibwiderstand aufweisen. Des weiteren darf sich der Einlaufbelag 13 beim Anstreifen durch die rotierenden Laufschaufeln 10 nicht entzünden. Als weitere Anforderungen, die an den Einlaufbelag 13 gestellt werden, seien hier die Erosionsbeständigkeit, Temperaturbeständigkeit, Thermowechselbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit gegenüber Schmierstoffen und Meerwasser exemplarisch genannt. Fig. 1 verdeutlicht, dass bedingt durch die beim Betrieb der Gasturbine auftretenden Fliehkräfte und die Erwärmung der Gasturbine die Enden 14 der Laufschaufeln 10 mit dem Einlaufbelag 13 in Kontakt kommen und so ein Abrieb 15 freigesetzt wird. Dieser pulverisierte Abrieb 15 darf keine Beschädigungen an den rotierenden Laufschaufeln 10 hervorrufen.

Bei dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Gehäuse 11 handelt es sich nach dem bevorzugten Ausführungsbeispiel um das Gehäuse eines Hochdruckverdichters. Derartige Gehäuse von Hochdruckverdichtern bestehen zunehmend aus intermetallischen Werkstoffen vom Typ TiAl oder Ti₃Al. Derartige intermetallische Titan-Aluminium-Werkstoffe verfügen über eine geringere Dichte und sind hinsichtlich der Temperaturfestigkeit herkömmlichen Titanlegierungen überlegen.

Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, auf ein Gehäuse 11, das aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellt ist, einen Einlaufbelag 13 ebenfalls aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff aufzubringen. Es sei darauf hingewiesen, dass ein derartiger Einlaufbelag aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff auch auf einem Gehäuse aufgebracht sein kann, welches aus einer herkömmlichen Titanlegierung besteht.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung verfügt der Einlaufbelag 13 aus dem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff über eine abgestufte, d.h. sich stufenweise ändernde, oder über eine gradierte, d.h. über eine sich nahezu stufenlos ändernde, Materialzusammensetzung und/oder Porosität. Durch die gezielte Einstellung der Materialzusammensetzung und/oder Porosität können die Eigenschaften des Einlaufbelags 13 an die konkreten Anforderungen desselben angepasst werden.

Nach einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Einlaufbelags 13 verfügt derselbe in einem inneren, unmittelbar zum Gehäuse 11 benachbarten Bereich 16 über eine geringe Porosität, ebenso wie in einem äußerem, unmittelbar zu den Laufschaufeln 10 benachbarten Bereich 17. Zwischen diesem inneren Bereich 16 und diesem äußerem Bereich 17 hingegen ist die Porosität des Einlaufbelags vergrößert. Der innere, unmittelbar am Gehäuse 11 anliegende Bereich 16 des Einlaufbelags 13 dient der Haftvermittlung zwischen Einlaufbelag 13 und Gehäuse 11. Der äußere, unmittelbar zu den Laufschaufeln 10 benachbarte Bereich 17 des Einlaufbelags 13 bildet einen Erosionsschutz. Je nach Anforderung an den Einlaufbelag 13 kann auf diesen Erosionsschutz jedoch auch verzichtet werden.

Das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des aus dem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellten Einlaufbelags 13 ist vorzugsweise annähernd konstant. Dies bedeutet, dass in diesem Fall ausschließlich die Porosität des Einlaufbelags 13 zur Beeinflussung der Härte und Festigkeit desselben abgestuft oder gradiert ist.

Es ist jedoch auch vorstellbar, dass das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des Einlaufbelags 13 abgestuft oder gradiert ist. In diesem Fall ist vorzugsweise im inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse 11 liegenden Bereich 16 im Einlaufbelag 13 mehr Titan enthalten als im äußeren Bereich 17 des Einlaufbelags 13. Dies bedeutet, dass im äußeren Bereich 17 des Einlaufbelags 13 mehr Aluminium enthalten ist als im inneren Bereich 16 desselben, der an das Gehäuse 11 angrenzt.

Die Verwendung eines Einlaufbelags aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoffs auf einem Gehäuse, welches ebenfalls aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff oder einer Titanlegierung gebildet ist, verfügt über den Vorteil, dass die Anbindung des Einlaufbelags an das Gehäuse über chemische Bindungen erfolgt und damit die Anbindung sicherer und dauerhafter ist als bei Einlaufbelägen nach dem Stand der Technik. Weiterhin wird sich zwischen einem Einlaufbelag und einem Gehäuse, die über die gleiche Grundzusammensetzung verfügen, keine Hochtemperaturdiffusion zwischen Gehäuse und Einlaufbelag einstellen. Weiterhin gibt es keine thermischen Ausdehnungsprobleme, da sich Gehäuse und Einlaufbelag bei Temperaturerhöhung bzw. Temperaturniedrigung gleichmäßig ausdehnen bzw. zusammenziehen. Dadurch kann eine gleichmäßigere Spalthaltung und eine höhere Lebensdauer des Einlaufbelags erzielt werden. Ein erfindungsgemäß ausgebildeter Einlaufbelag verfügt des weiteren über eine hohe Oxidationsbeständigkeit sowie hohe Thermowechselbeständigkeit. Die Schaufelspitzen der rotierenden Laufschaufeln unterliegen nur einem minimalen Schaufelspitzenabrieb.

Es liegt im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, den erfindungsgemäßen Einlaufbelag 13 dadurch herzustellen, dass der Einlaufbelag 13 in Form eines Schlickerwerkstoffs bereitgestellt wird und mithilfe der Schlickertechnik auf das Gehäuse 11 aufgetragen wird. Ein derartiger Schlickerwerkstoff auf Basis eines intermetallischen

Titan-Aluminium-Werkstoffs wird vorzugsweise durch Pinseln, Tauchen oder Spritzen auf das Gehäuse 11 aufgetragen. Dies erfolgt vorzugsweise in mehreren Schritten bzw. Schichten, so dass sich ein mehrschichtiger Einlaufbelag 13 ausbildet.

Zur Einstellung der gewünschten Porosität in den jeweiligen Schichten werden in den Schlickerwerkstoff Zusatzmaterialien eingelagert. Nach dem Auftragen des Schlickerwerkstoffs erfolgt ein Aushärten bzw. Einbrennen des Schlickerwerkstoffs auf das Gehäuse 11. Bei dem Einbrennen verdampfen die dem Schlickerwerkstoff zugesetzten Zusatzstoffe, wodurch die Poren innerhalb des Einlaufbelags 13 zurückbleiben. Durch die Anzahl und Art der zugesetzten Zusatzstoffe lässt sich die Porosität, nämlich die Anzahl und Größe der Poren, einstellen.

Alternativ kann der Einlaufbelag 13 auch dadurch hergestellt werden, dass derselbe mithilfe eines gerichteten Materiedampfstrahls aufgetragen wird. Ein derartiger gerichteter Materiedampfstrahl kann mithilfe eines PVD (Physical Vapor Deposition)-Verfahrens oder eines CVD (Chemical Vapor Deposition)-Verfahrens erzeugt werden. Kurz vor dem Auftreffen des gerichteten Materiedampfstrahls auf Basis eines intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoffs wird in den Materiedampfstrahl mindestens ein Zusatzstoff eingeschleust bzw. eingelagert, wobei diese Zusatzstoffe beim nachträglichen Einbrennen wiederum verdampft werden und dabei die Poren innerhalb der oder jeder Schicht des Einlaufbelags 13 hinterlassen.

Bei den Zusatzstoffen zur Einstellung der Porosität kann es sich um sogenannte Microballs, d.h. gefüllte oder hohle Kunststoffkügelchen, um Polystyrolkügelchen oder auch andere Materialien handeln, die beim Einbrennen des intermetallischen Titan-Aluminium-Materials verdampfen.

Sowohl mithilfe der Schlickertechnik als auch der PVD- bzw. CVD-Technik lässt sich der erfindungsgemäße Einlaufbelag besonders günstig herstellen.

Patentansprüche

1. Einlaufbelag für Gasturbinen, zur Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (11) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (10) derselben, wobei der Einlaufbelag (13) auf das Gehäuse (11) aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellt ist.
2. Einlaufbelag nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff über eine abgestufte oder gradierte Materialzusammensetzung und/oder Porosität verfügt.
3. Einlaufbelag nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff an einem dem Gehäuse (11) zugewandten Bereich weniger porös ausgebildet ist als an einem den rotierenden Laufschaufeln (10) zugewandten Bereich.
4. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) in einem inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse (11) liegenden Bereich und an einem äußeren, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln (10) liegenden Bereich weniger porös ausgebildet ist als zwischen diesen beiden Bereichen.
5. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des Einlaufbelags (13) annähernd konstant ist, wobei ausschließlich die Porosität zur Einstellung einer Dichte und/oder Härte und/oder Festigkeit desselben abgestuft oder gradiert ist.
6. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** auch das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des Einlaufbelags (13) abgestuft oder gradiert ist, wobei der Einlaufbelag (13)

an einem den rotierenden Laufschaufeln (10) zugewandten Bereich mehr Aluminium enthält als an einem dem Gehäuse (11) zugewandten Bereich.

7. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff auf einem Gehäuse (11) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff aufgebracht ist.
8. Einlaufbelag nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff unmittelbar auf dem Gehäuse (11) aus Titan-Aluminium-Werkstoff aufgebracht ist.
9. Verfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags für Gasturbinen, zur Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (11) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (10) derselben, wobei der Einlaufbelag (13) auf dem Gehäuse (11) angebracht wird, mit folgenden Schritten:
 - a) Bereitstellen eines Gehäuses (11),
 - b) Aufbringen des Einlaufbelags (13) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff auf das Gehäuse.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff derart aufgebracht wird, dass derselbe über eine abgestufte oder gradierte Materialzusammensetzung und/oder Porosität verfügt.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff derart aufgebracht wird, dass derselbe an einem dem Gehäuse (11) zugewandten Bereich weniger porös ausgebildet ist als an einem den rotierenden Laufschaufeln (10) zugewandten Bereich.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-

Werkstoff auf einem Gehäuse (11) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff aufgebracht wird.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zusammenhang mit Schritt b) der Einlaufbelag (13) derart auf das Gehäuse (11) aufgebracht wird, dass hierzu mindestens eine Schicht eines Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs aus das Gehäuse (11) aufgetragen wird, wobei anschließend die oder jede Schicht des Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs durch Einbrennen ausgehärtet wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** in die oder jede Schicht des Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs Zusatzstoffe eingelagert werden, wobei diese Zusatzstoffe beim Einbrennen verdampft werden und dabei die Poren innerhalb der oder jeder Schicht des Einlaufbelags (13) hinterlassen.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder jede Schicht des Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs durch Pinseln, Tauchen oder Spritzen aufgetragen wird.
16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zusammenhang mit Schritt b) der Einlaufbelag (13) derart auf das Gehäuse (11) aufgebracht wird, dass hierzu mindestens eine Titan-Aluminium-Schicht mit Hilfe eines gerichteten Materiedampfstrahls, insbesondere eines PVD-Materiestrahls, auf das Gehäuse (11) aufgetragen wird, wobei anschließend die oder jede Schicht des Materiedampfstrahls durch Einbrennen ausgehärtet wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** kurz vor dem Auftreffen des gerichteten Titan-Aluminium-Materiedampfstrahls Zusatzstoffe in den Titan-Aluminium-Materiedampfstrahl eingeschleust werden, wobei diese Zusatzstoffe beim Einbrennen verdampft werden und dabei die Poren innerhalb der oder jeder Schicht des Einlaufbelags (13) hinterlassen.

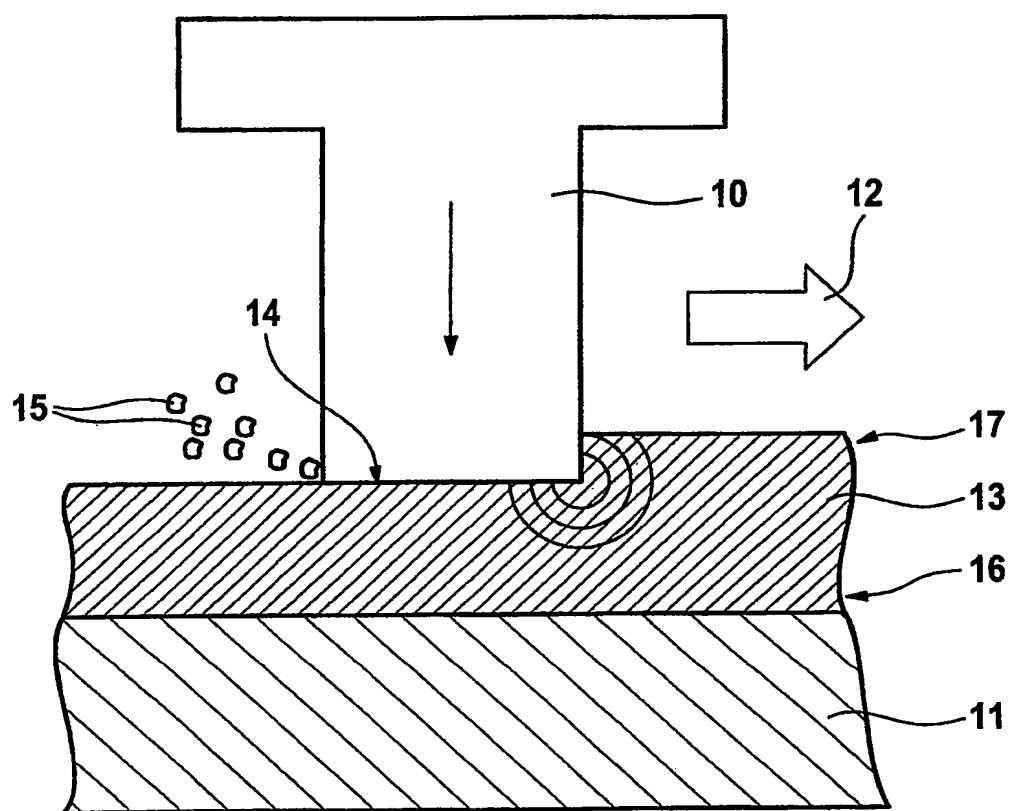


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2004/001683

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F01D11/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 155 755 A (SARA RAYMOND V) 22 May 1979 (1979-05-22)	1,9,13, 15
Y	column 1, line 10 - line 15 column 1, line 47 - column 2, line 2 column 2, line 55 - column 4, line 5 column 4, line 62 - column 5, line 48 claims 1,3,4,8 ----- -/--	2,3,10, 11

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 December 2004

Date of mailing of the international search report

10/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

de Rooij, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/001683

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 03/033192 A (INCO LTD ; NAUMANN DIRK (CA); BOEHM ALEXANDER (DE); GOEHLER HARTMUT (D) 24 April 2003 (2003-04-24)	2,3,10,11
A	abstract; claims 1,5,13,14,19,26,29,30,35,36 page 1, line 1 - line 11 page 2, line 12 - line 34 page 3, line 1 - line 17 page 4, line 1 - line 20 page 5, line 5 - line 6 page 6, line 32 - line 39	9,13,15
Y	US 6 499 943 B1 (NAZMY MOHAMED ET AL) 31 December 2002 (2002-12-31) abstract; claims; figure 2	1,9,13
Y	STOLOFF N S ET AL: "Emerging applications of intermetallics" INTERMETALLICS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V, GB, vol. 8, no. 9-11, September 2000 (2000-09), pages 1313-1320, XP004223349 ISSN: 0966-9795 abstract	1,9,13
A	US 5 545 431 A (SINGH JOGENDER ET AL) 13 August 1996 (1996-08-13) claims	1,9
A	US 2003/054196 A1 (GRAY DENNIS M ET AL) 20 March 2003 (2003-03-20) abstract paragraph '0004! - paragraph '0008! paragraph '0021! - paragraph '0024! paragraph '0035!	1-4, 9-11,13, 14,16,17
A	EP 0 526 670 A (UNION CARBIDE COATINGS SERVICE) 10 February 1993 (1993-02-10) page 2, line 1 - line 20 page 4, line 3 - line 7	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/001683

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4155755	A	22-05-1979	BE 870631 A1	20-03-1979
			CA 1097102 A1	10-03-1981
			DE 2840681 A1	29-03-1979
			FR 2403858 A1	20-04-1979
			GB 2006271 A , B	02-05-1979
			JP 1364155 C	09-02-1987
			JP 54054916 A	01-05-1979
			JP 61032379 B	26-07-1986
			JP 1414529 C	10-12-1987
			JP 61143532 A	01-07-1986
			JP 62023062 B	21-05-1987
WO 03033192	A	24-04-2003	DE 10150948 C1	28-05-2003
			CA 2444931 A1	24-04-2003
			WO 03033192 A2	24-04-2003
			EP 1434663 A2	07-07-2004
			US 2004101706 A1	27-05-2004
US 6499943	B1	31-12-2002	DE 19937577 A1	15-02-2001
			EP 1076157 A2	14-02-2001
			JP 2001050005 A	23-02-2001
US 5545431	A	13-08-1996	US 5484665 A	16-01-1996
			CA 2062930 A1	16-10-1992
			DE 69227722 D1	14-01-1999
			DE 69227722 T2	22-07-1999
			EP 0509758 A1	21-10-1992
			JP 2593606 B2	26-03-1997
			JP 5112879 A	07-05-1993
US 2003054196	A1	20-03-2003	NONE	
EP 0526670	A	10-02-1993	EP 0526670 A1	10-02-1993
			AT 129544 T	15-11-1995
			AU 7843191 A	07-01-1993
			DE 69114130 D1	30-11-1995
			DE 69114130 T2	30-05-1996
			ES 2079577 T3	16-01-1996
			JP 2824165 B2	11-11-1998
			JP 5007838 A	19-01-1993